

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭63-244004

⑤Int.Cl.<sup>4</sup>

G 02 B 6/12

G 02 F 1/13

識別記号

庁内整理番号

H-8507-2H

C-8507-2H

A-7610-2H

⑬公開 昭和63年(1988)10月11日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑭発明の名称 導波型グレーティング素子

⑮特 願 昭62-78232

⑯出 願 昭62(1987)3月31日

⑰発明者 曾根原 富雄 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

⑱出 願 人 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

⑲代 理 人 弁理士 最上 務 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

導波型グレーティング素子

## 2. 特許請求の範囲

光導波構造に微細な周期構造を有する導波型グレーティング素子において、一方のクラッド層が液晶から成り、液晶に電界を印加するための電極を有することを特徴とする導波型グレーティング素子。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は導波型グレーティング素子を外部電界により制御する高機能化に関する。

## 〔従来の技術〕

従来の導波型グレーティング素子は導波層、もしくは導波層に接する媒質面の屈折率を周期的に

変化させたもの、導波層の表面に周期的な凸凹をつけたものに大別される。これらはカップラー、光路変換、フィルター、モード変換、レンズ等の作用を行なうことを目的に作製されている。しかし、これらは単一機能の素子であり、外部信号によって制御できるものは少ない。例外的に表面弾性波を導波層に伝播させ、導波光の方向制御を行なう素子が知られている。(例えば 特開昭60-144704号, IEEE Transaction on CAS, CAS-26(1973) P.1113)

## 〔発明が解決しようとする問題点〕

しかし、前述の導波型グレーティング素子は、表面弾性波を誘起するための高周波増巾器を必要とし、導波路材料は大きな音響光学的性能指数を持つものに特定される。またトランスデューサが必要であり、素子としては高価なものであった。

また、表面弾性波に誘起される屈折率のグレーティングを用いるため、常にトランスデューサに電力を供給する必要がある。

そこで本発明は、導波型グレーティング素子の問題点を解決するもので、その目的とするところは、複雑な駆動装置を必要としない、新規な機能性導波型グレーティング素子を提供するところにある。

#### 〔問題点を解決するための手段〕

本発明の導波型グレーティング素子は、導波型グレーティング素子のクラッド層に液晶を用い、さらに液晶層に電界を印加するための電極を設置したことを特徴とする。

#### 〔作用〕

本発明の上記の構成によれば、クラッド層（含むグレーティング側）を形成する液晶層の屈折率を外部電界によって変化させ、グレーティングによる光波の結合状態を制御することができる。これにより、偏向素子、可変焦点レンズ等の外部制御が可能な導波型グレーティング素子を構成することができる。

$\theta$  : クラッドへの入射角

これから

$$\beta b = N k + q K \quad \dots \dots (3)$$

を満足する光波  $b$  と結合する。いま  $N$  が外部電界  $E$  の関数  $N(E)$  であれば

$$\beta b = N(E) k + q K \quad \dots (4)$$

となり光波  $b$  も外部電界  $E$  の関数となる。

つまり、外部電界で導波層の等価屈折率  $N$  を変化させ、伝搬する光波  $a$  と結合する光波  $b$  の伝搬ベクトルを制御することができる。

#### 〔実施例〕

第1図は本発明によるグレーティングカップラの断面図である。101は導波層であり、上下をグレーティング104が設けられたパツファ層102とクラッドを形成する液晶層105に挟まれている。105は液晶層に電界を印加するための電極である。106は本カップラを支持する基板、107は対向する基板である。また111は外部電圧源であり、下部電極と105間に電圧を与

これをもう少し詳しく説明する。グレーティングの動作は、光波が位相整合条件を満たした上でモード間でパワーを配分するものであるから、位相整合条件(1)式が常に成立する。

$$\beta b = \beta a + q K \quad \dots \dots (1)$$

$\beta a, \beta b$  : 光波  $a, b$  の伝搬ベクトル

$K$  : グレーティングの格子ベクトル

$q$  : 0,  $\pm 1, \pm 2$  結合次数

ここでグレーティングは第2図のように設けられ、光波  $a$  は  $z$  方向に伝搬しているとする。 $z$  方向について(1)式の伝搬ベクトルを考えると、

$$\beta b = \beta a + q K \quad \dots \dots (2)$$

となる。

光波  $a$  を平面波と考え、等価屈折率  $N$  を用いて  $\beta a$  を表わすと、

$$\beta a = k N$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \lambda : \text{波長}$$

$$N = n_f \sin \theta$$

$n_f$  : 導波層屈折率

える。

具体的には第1表に示す構成とした。

第1表

基板(支持側)	S1 ウエーハ	$n = 3.4$
パツファ層 (グレーティング側)	S102 熱酸化膜	$n = 1.45$ $d(\text{厚さ}) = 2 \mu m$
導波層	S10N4, CVD 膜	$n = 2.0$ $d = 0.8 \mu m$
液晶クラッド層	M B B A (P-methoxybenzylidene -p'-butylaniline)	$n_e = 1.78$ $n_o = 1.54$ $d = 1.0 \mu m$
透明電極	ITO スパッタ膜	$n = 1.9$ $d = 2000 \text{ \AA}$
対向基板	コーニング7059 ガラス	$d = 1.5 mm$
グレーティング 周期 $0.70 \mu m$ 深さ $0.1 \mu m$		
導波光 $780 nm$ TE0 モード		

液晶は導波光の伝搬方向と垂直に分子軸を揃えるように配向処理されている。第2図は液晶分子201の配向の様子を模式的に描いたものである。第2図(a)は無電界状態、第2図(b)は電界印加状態を示す。無電界状態において導波層を伝搬する光波108は、TE<sub>0</sub>モードであるため、クラッド層の屈折率として液晶の異常光屈折率 $n_e = 1.78$ を感受する。一方、電界が印加され、液晶分子が電界方向に再配列を行なうと(第2図(b))クラッド層の屈折率として正常光屈折率 $n_o = 1.54$ を感受する。

このクラッド層の屈折率変化によって、導波層の等価屈折率を変え、導波光と結合出力光の結合状態を制御できる。一方、外部出力光の方向 $\theta$ と(4)式の位相整合条件とは(5)式によって関係づけられる。

$$n_c k \sin \theta = N k + q K \quad \dots \dots (5)$$

$n_c$  : クラッド層の屈折率

$\theta$  : 出射角

は780nm TE<sub>1</sub>モードである。グレーティングエリア長は1.5mmと十分長くとり、グレーティングのピッチは0.20μm、導波層は1.0μm厚、材料は第1表に準じている。この反射器は無電界時に等価屈折率 $N = 1.9$ であり、この時ほぼ100%導波光を反射するように位置設定されている。401は反射光を示す。次に外部電圧が印加され、第2図(b)のように液晶が再配列すると、等価屈折率が若干低下する。この結果、位相整合条件がずれ、反射光強度が減少する。このように、外部印加電圧によって反射率の変調が可能となった。

以上述べた実施例ではTEモードの伝搬の場合を示したが、TMモードについても液晶分子の配向方向を変えることにより対応することができる。さらに、液晶材料としてここではネマチック液晶を使用した。クラッド層の屈折率が変化すればよいことから、強誘電性液晶の使用も勿論可能である。

つまり  $n_c = n_c(E)$

$N = N(E)$  であることから

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{N(E)k + qK}{n_c(E)k} \right) \quad \dots \dots (6)$$

となり、出射角 $\theta$ は外部電界 $E$ によって制御される。第3図は第1表の条件で製作された液晶グレーティングカップラのクラッド側出射角 $\theta$ と外部印加電圧の関係を示したものである。このように外部印加電圧によって外部出力光の角度を制御することができた。

第1図の基本構造を持つ液晶グレーティング素子は、グレーティングの形状、格子ベクトルの方向、導波層の厚さ、を変更することにより、結合器の他に、光路変換器、反射器、モード変換器、波長分離器、導波路レンズとしても動作させることができる。

その中の一例として反射率変調型の反射器の例を説明する。第4図はその断面図を示している。基本的には第1図と同じ構成である。導波光108

#### 〔発明の効果〕

本発明によれば、導波型グレーティング素子のクラッド層に液晶を用いることにより、外部電圧により制御可能なグレーティング素子を実現することができた。さらに本発明は高周波電源等の駆動回路を必要とせず、等価屈折率の変化を用いるため、機能化グレーティング素子を容易に実現するものである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による液晶グレーティングカップラの断面図である。

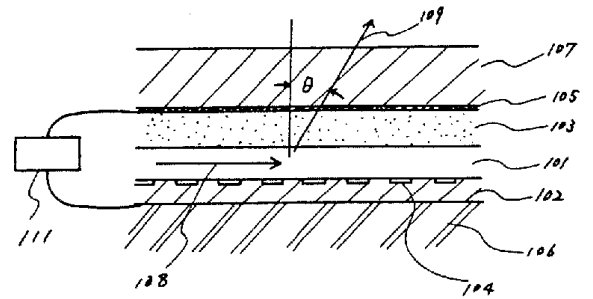
第2図は液晶分子の動作を表わした模式図であり、(a)は無電界時の図、(b)は電界印加時の図を示す。

第3図は液晶グレーティングカップラの外部印加電圧対出射光角度特性を示す図である。

第4図は本発明の液晶グレーティング反射器の断面図である。

101 …… 導波層

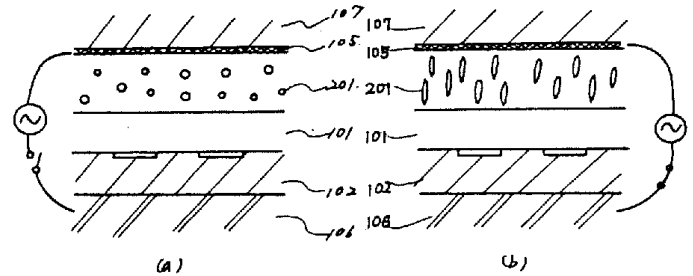
- 102 …… グレーティングパツファ層
- 103 …… 液晶クラッド層
- 104 …… グレーティング
- 105 …… 透明電極
- 106 …… 支持基板
- 107 …… 対向基板
- 108 …… 導波光
- 111 …… 外部電圧源



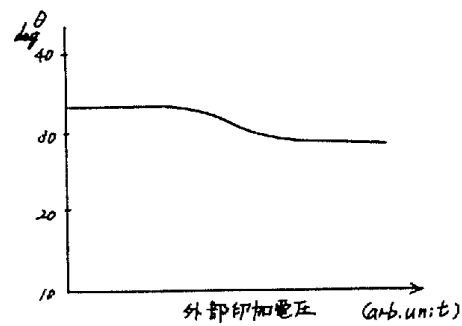
第 1 図

以 上

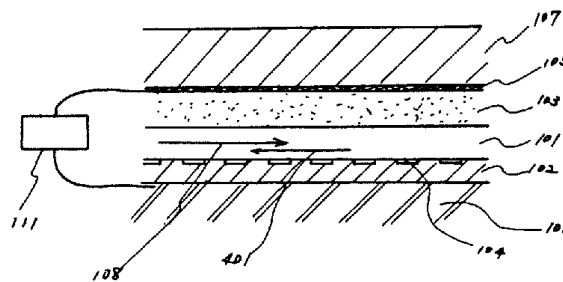
出 願 人 セイコーエプソン株式会社  
代 理 人 弁理士 最上 務(他1名)



第 2 図



第 3 図



第 4 図